

PLASMA EQUIPMENT AND MACHINE FOR SAMPLE TREATMENT

Patent number: JP6053152
Publication date: 1994-02-25
Inventor: CHOUAN YANNICK; LE CONTELLEC MICHEL; MORIN FRANCOIS; SAADA SERGE
Applicant: CENTRE NATL ETUD TELECOMMUN (PTT)
Classification:
- **international:** H01L21/205; C23C16/50; C23F4/00
- **european:**
Application number: JP19930130099 19930507
Priority number(s):

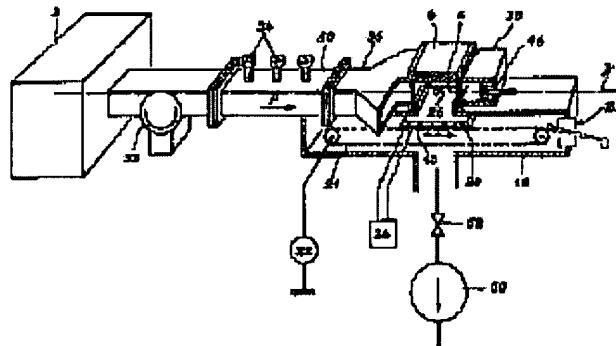
Also published as:

- EP0569296 (A1)
 US5328515 (A1)
 FR2691035 (A1)

Abstract of JP6053152

PURPOSE: To enable surface treatment, deposition, and chemical etching of a thick or thin layer on a large sample surface, at a high speed by installing a specific chemical treatment plasma equipment, a machine and an equipment.

CONSTITUTION: Electromagnetic wave at a frequency of 2.45 GHz, which is generated from a high-frequency source 2 propagates, to a plasma equipment 4 in a propagation direction P. The plasma equipment 4 forms a hexahedron type plasma chamber 6, and has two sidewalls which are composed of dielectric and vertical to the propagation direction P. A rectangular aperture parallel to the dielectric walls connects the plasma equipment 4 with a treatment equipment 16, accommodating a sample holder 18, which moves in the propagation direction P. The surface of a sample 20 retained by the sample holder 18 moves parallel to the front of the aperture of the plasma chamber 6. The plasma equipment 4 has a pipe 26, which is installed parallel to the sidewalls, in order to inject a gas to be ionized into the plasma chamber 6. The gas injection pipe 26 is adjacent to the sample 20, and the height position is adjusted.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-53152

(43) 公開日 平成6年(1994)2月25日

(51) Int.Cl.⁵ 識別記号 廣内整理番号 F I 技術表示箇所
H 0 1 L 21/205
C 2 3 C 16/50 7325-4K
C 2 3 F 4/00 D 8414-4K

審査請求 未請求 請求項の数11(全 12' 頁)

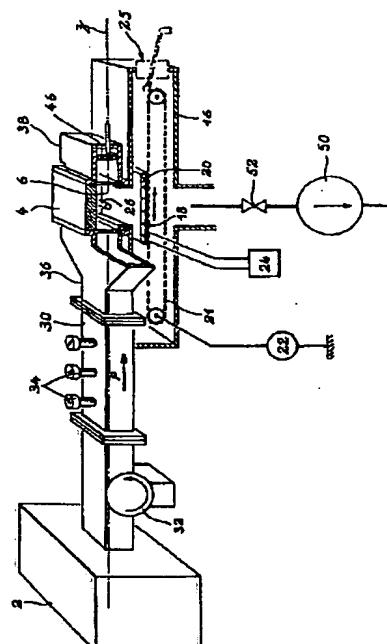
(21)出願番号	特願平5-130099	(71)出願人	592102102 フランス・テレコム・エタブリスマン・オ ウトノム・デ・ドロワ・パブリック FRANCE TELECOM ETAB LISSEMENT AUTONOME DE DROIT PUBLIC フランス国 75015 パリ、プラス・ダル レイ 6
(22)出願日	平成5年(1993)5月7日	(72)発明者	ヤニク・シュアン フランス国 22700 ローアンヌ、アレ デ・フゲル 1
(31)優先権主張番号	92-05629	(74)代理人	弁理士 萩野 平 (外3名)
(32)優先日	1992年5月7日		
(33)優先権主張国	フランス(FR)		

(54) 【発明の名称】 サンプル処理用のプラズマ装置および機械

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 大きなサンプル表面上の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッティングを速い速度で処理出来る化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法を提供する。

【構成】 装置は高周波電磁波源2、ガス供給手段を備えたプラズマエンクロージヤ4、真空ポンプ50、前記源2をプラズマエンクロージヤ4に結合するための要素、非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形される前記プラズマエンクロージヤ4、前記開口を経由して前記プラズマエンクロージヤと連通する可動サンプルホルダ18を収容する処理エンクロージヤ16を組み込んでいる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供給手段を備えた密封プラズマエンクロージヤ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージヤに結合するための要素、前記プラズマエンクロージヤをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホルダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージヤが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、前記開口が前記プラズマエンクロージヤおよび前記サンプルホルダがその中に収容される処理エンクロージヤを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を経由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージヤに結合しつつその矩形断面が前記プラズマエンクロージヤに向かって前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージヤの側に配置される第2矩形直線導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えていることを特徴とする化学処理プラズマ装置。

【請求項2】 前記ガス供給手段がその全長にわたりかつ前記プラズマエンクロージヤに出る複数の孔を有する少なくとも1本の管からなり、該管が前記第1方向に対して平行に向けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項3】 前記ガス供給手段が第1方向にしたがつて向けられた2本の管を組み込んでおり、これらの管の孔が前記プラズマエンクロージヤの中心に向かって向けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項4】 前記ガス供給手段が单一の管からなり、その孔が前記プラズマエンクロージヤの中心に向かって向けられることを特徴とする請求項2に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項5】 前記1または複数の管が前記プラズマエンクロージヤの矩形開口の近くに位置決めされること特徴とする請求項2に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項6】 前記プラズマエンクロージヤは前記第1方向にしたがつて方向付けされかつ前記プラズマエンクロージヤおよび前記処理エンクロージヤを接続する第3面に対して平行な、前記プラズマエンクロージヤの第4面に形成される他の矩形開口を有そして他の処理エンクロージヤ内に配置された他のサンプルホルダが前記他方の開口に向かい合って位置決めされることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項7】 前記高周波電磁波源により放出された波長に適合させるための手段が前記第1導波管内に設けら

れることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項8】 絶縁回路が前記高周波電磁波源と前記第1導波管との間に設けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項9】 前記プラズマエンクロージヤの前記第1および第2面がそれぞれ金属クリップの助けにより前記ホーンおよび前記第2導波管に取り付けられ、前記クリップでの密封が可撓性の金属O-リングにより保証されることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項10】 前記サンプルホルダを前記第1方向に移動するための手段が設けられることを特徴とする請求項1に記載の化学処理プラズマ装置。

【請求項11】 互いに追隨する請求項1による幾つかの装置を組み込んでおりかつ装置のサンプルホルダを収容するこれら種々の装置に共通の少なくとも1つの処理エンクロージヤからなることを特徴とする幾つかのサンプルの化学的処理用の工業用プラズマ機械。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はサンプルの化学処理用プラズマ装置、1またはそれ以上のかかる装置を有する工業用機械および前記装置を使用する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 とくに、本装置はこれまで公知の堆積およびエッティング方法により得られる速度より少なくとも10または100倍速い速度で大きなサンプル表面上の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッティングを許容する。

【0003】 本装置はとくに集積回路および半導体レーザの製造のマイクロエレクトロニクス分野、集積光学分野および光エネルギーの光電変換の太陽エネルギー分野に使用される。本発明がそれに適用する集積回路は、例えば、液晶平面スクリーンの制御回路である。

【0004】 一般に、本発明は厚いマイクロエレクトロニクス薄い層の堆積またはエッティング、ならびに層または基板の化学的洗浄を必要とするあらゆる工業分野に適用される。これらの層および基板は誘電体、金属または半導体にすることが可能である。

【0005】 現在、プラズマを使用する種々のエッティングおよび堆積装置型式がある。一般に、かかる装置は超高周波源、受信機または処理されるべきサンプルを支持するための支持体を収容する緊密密封処理エンクロージヤ、超高周波源を処理エンクロージヤに結合するための要素、プラズマを形成するためのガス供給源および処理エンクロージヤをポンピングするための手段を有する。

【0006】 幾つかの堆積およびエッティング装置はまた使用される種々のガスをイオン化するために超高周波と相互に作用する処理エッティング内に磁界を作るための手

段を有する。これらの装置は電子サイクロトロン共振（E C R）作用を使用する。かかる装置はより詳細には、1990年3月／4月の、J. Vac. Technol.（真空科学技術）、A 8 (2)、908～915頁のガイスラー等による「細長いマイクロウェーブサイクロトロン加熱プラズマ源」に記載されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明による装置は磁界かつそれゆえE C R作用を使用しない。非E C R作用装置には、プラズマ支援化学気相成長装置および機械（P E C V D）がある。これらの機械は能動マトリクス平面スクリーンの製造のために開発されかつ一般に13.56MHzを使用する。

【0008】これらの機械は全体的なガスの分離の獲得を可能にしない低電子密度プラズマを使用する欠点をこおむる。種々の堆積プラズマに向かう非分離ガスの拡散を回避するために、各プラズマは起こるべき堆積に供せられる真空室内に隔離される。各真空室は約 10^{-4} Paの真空の獲得を可能にしかつ通常ターボ分子型からなるポンピングユニットを備える。

【0009】これらの堆積機械は複雑な性質からなりかつ非常に高価（1000ないし2000万フランスフラン）である。

【0010】さらに、かかる装置の複雑さは機械の利用可能時間を著しく低減する規則的な保守を伴う。最後に、これらの機械は一般には非常に大きくなつ無菌室型領域中に大きな表面積を取り、その結果それらの用途は制限される。

【0011】他の公知の非E C R作用装置はヨーロッパ特許第398,832号に記載されている。この処理装置はP E C V D機械より厄介ではないが、さらに幾つかの欠点をこおむる。とくに、その構造が複雑であり、その結果その製造コストが高い。そのうえ、とくにプラズマ形成ガス噴射モードにより、均一な方法において大きな表面（1dm²）上へのエッティングまたは堆積作用を得ることを可能にしない。

【0012】本発明は上記欠点を除去する新規な化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法に関する。とくに本発明は約1m²の表面にわたつて薄い層またはフィルムの化学方法においてかつ現在まで使用される速度より10～100倍速い速度での均一な堆積およびエッティングを許容する。

【0013】さらに、前記装置は前に言及されたE C R作用なしのプラズマ装置より非常に簡単でかつそれゆえ余り高価ではない。本装置は光学およびエレクトロニクス分野の両方において集積回路の低コストでの大量生産を許容する。

【0014】

【課題を解決するための手段】より詳細には、本発明は、高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供

給手段を備えた密封プラズマエンクロージヤ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージヤに結合するための要素、前記プラズマエンクロージヤをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホルダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージヤが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、

- 10 前記開口が前記プラズマエンクロージヤおよび前記サンプルホルダがその中に収容される処理エンクロージヤを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を経由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージヤに結合しつつその矩形断面が前記プラズマエンクロージヤに向かって前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージヤの側に配置される第2矩形直線導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えていることを特徴とする化学処理プラズマ装置に関する。

【0015】前記で言及された利点に加えて、E C R作用なしで高堆積速度を得ることを可能にし、プラズマを形成するのに使用される分子ガスをすべて分離することができる高電子密度プラズマを作る。使用される周波数は一般には100MHzないし10GHzの間でありそして使用される超高周波出力は数キロワットに及ぶことが可能である。

- 【0016】本発明による装置または反応炉により供給されるプラズマは非常に安定している。そのうえ、本発明による装置はカスケード形状における幾つかのサンプルの処理を可能にする。この場合に機械的手段が第2方向に対して平行なプラズマエンクロージヤの矩形開口の前方に処理されるべきサンプルを連続して供給するために設けられる。

【0017】本発明による装置は、また、幾つかのサンプルの同時処理を許容する。とくに同一ガスプラズマを同時に使用する2つのサンプルを処理することができる。このためにプラズマエンクロージヤは第1方向に方向付けられかつプラズマエンクロージヤおよび処理エンクロージヤを接続する第3面に対して平行であるプラズマエンクロージヤの第4面に形成される他の矩形開口を有しそして他の処理エンクロージヤ内に配置される他のサンプルホルダは前記他の開口の前方に配置される。

- 【0018】好都合には、第2導波管の短い回路はエンクロージヤからその外部に向かうどのような電磁放射も除去するプラズマエンクロージヤの結合の確立を可能にするピストン型からなる。すべてのマイクロ波エネルギーはかくしてプラズマエンクロージヤ内に維持される。この結合を改善するために、第1導波管を貫通するインピ

ーダンス調整または整合ネジを使用することができる。

【0019】均一な処理、例えば、大きな表面積にわたつて均一な堆積またはエッティングを得るために、ガス供給手段はその全長にわたつて開口を有しかつプラズマエンクロージヤに出る少なくとも1本の管により構成されるのが好ましく、前記1またはそれ以上の管は第1方向に対して平行に方向付けられる。とくに、前記1またはそれ以上の管はプラズマエンクロージヤの矩形開口の近くに配置される。

【0020】考えられる用途の結果として、処理装置は1または複数のサンプルホルダを加熱するための手段、サンプルホルダを冷却するための手段および/またはサンプルホルダに極性を与えるための手段からなることが可能である。

【0021】本発明による工業用装置は従来の装置に比べて小さい寸法(長さ<1m)を有し、その結果これまでかかる装置を備えることができなかつた制限された領域において使用可能である。

【0022】本発明による装置は基板上への厚いまたは薄い層の化学的堆積に使用できかつ堆積された層は>10μmの厚さを持ち得る。この場合に、基板はサンプルホルダ上の処理エンクロージヤ内に置かれそしてプラズマエンクロージヤ内に製造された、堆積されるべき層の先駆プラズマに露出される。

【0023】また、材料の化学エッティングを実施することができる。この場合に、エッティングされるべき材料はサンプルホルダ上の処理エンクロージヤ内に置かれかつエッティングされるべき材料に特有の化学エッティングプラズマに露出される。

【0024】各処理間の、前記で言及された利点に加えて、本発明による装置はその洗浄を許容する。

【0025】フィルム製造ラインにおいて、現在、プラズマおよび堆積エンクロージヤを洗浄するのに要求される時間は機械使用時間の10~20%を示すかも知れないことが認められる。この洗浄は一般にはすべての「金属化部品」を機械的にプラッシングすることにより行われる。

【0026】それゆえ、機械を取り外すことなくかかる洗浄を実施するのに適切であるが、処理装置内に適宜なプラズマを作りながらエンクロージヤの壁が露出されるまでこれらを被覆する堆積物を化学的にエッティングすることを可能にする。原理は実際に知られておりかつ幾つかの1.3. 5.6MHzのPECVDプラズマ反応炉製造業者により使用されている。例えば、ネクストラルのND400装置が参照される。

【0027】本発明による装置において、2.45GHzに励起される希ガスおよびハロゲン化物プラズマによりかかる洗浄を好都合に実施することができる。

【0028】各堆積段の後、それゆえ反応炉洗浄プラズマを発生することができる。このプラズマはまた、反応

炉使用効率を増加しながら、反応炉の特定の汚染を著しく低減する作用を有する。

【0029】1または複数本の孔明き管のプラズマエンクロージヤ内の相対的位置は調整可能である。とくに、指摘されることは、基板上のプラズマの作用の均一性はガスをプラズマエンクロージヤへ注入するための管の位置により、しかもまたその形状により著しく左右されるということである。

【0030】形状もまたプラズマエンクロージヤへガスを注入するための管の位置も前記エンクロージヤの電磁結合品質に影響を及ぼさない。実際に、プラズマ中に発生される種類の拡散長さはプラズマエンクロージヤへのガスの注入モードに感應し易い。これは作用効率およびプラズマリボンまたはバーの均一性を変化することとなる。

【0031】本発明による装置はフィルムの堆積およびエッティングの非常に効率の良い製造のために工業用機械において好都合に使用され得る。

【0032】本発明はまた本発明による1またはそれ以上の装置を有する工業用機械に関する。とくに、前記工業用機械は同一時間、同一圧力で運転する同一の真空または処理室を備えることが可能で、しかも各々処理されるべき材料の性質に対応するガスで供給され、各装置のサンプルホルダは前記共通の真空室内に配置される。

【0033】以下に、本発明を非限定的な実施例および添付図面を参照してより詳細に説明する。

【0034】

【実施例】図1および図2に関連して、次に本発明による処理装置を第1実施例において説明する。

【0035】本装置は実際にはプラズマエンクロージヤ4に結合された高周波電磁波源2を組み込んでいるプラズマ反応炉である。該電磁波源2は100MHzないし10GHzの範囲において選ばれた工業用周波数(例えば、4.33MHz, 9.15MHz, 2.45GHz, 5.8GHz, 24GHz)で2kWまでの出力を供給する。とくに使用される周波数は最も普通に使用される周波数として、最低コストを示すものである2.45GHzである。

【0036】前記電磁波源からの電磁波はNが奇数である型TE₁₁₁の横方向電気モードにしたがつて伝播する。伝播方向P→(→はPの上にあるものとする)は反応炉の長手方向軸線に対して平行である。この領域の電気成分E→(→はEの上にあるものとする)は図2の断面に対して平行に向けられた方向において方向P→に対して垂直に方向付けられる。電磁波の磁界H→(→はHの上にあるものとする)は互いに垂直でかつ方向P→に対して平行なHz→(→はHzの上にあるものとする)により電界の方向に対して垂直な平面に置かれる2つの成分Hx→(→はHの上にあるものとする)およびHz→を有する。とくに、電磁波は基本モードTE₁₁₁にした

がつて伝播する。

【0037】プラズマエンクロージヤ4は矩形平行六面体のごとく成形されたプラズマ室6を画成する。プラズマエンクロージヤ4は磁界の成分Hx→の方向に対して平行な(伝播方向に対して垂直な)かつシリカのごとき低誘電体損失を有する材料から作られる2つの側壁8, 10を有する。プラズマエンクロージヤ4の他の壁は金属、とくにアルミニウムから作られる。

【0038】誘電体壁8および10に対して垂直な、プラズマエンクロージヤの下壁12は、その大きな側辺が誘電体壁8および10に対して平行である矩形開口14を有し、該開口はプラズマエンクロージヤ4をサンプルホルダ18を収容する処理エンクロージヤ16と接続する。サンプルホルダ18は電磁波伝播方向P→に動き、その結果サンプルホルダ18により支持される処理されるべきサンプル20の表面がプラズマエンクロージヤの開口14の前方にかつ平行に動く。サンプルホルダ18の移動装置は、マイクロエレクトロニクスにおいて通常使用されるコンベヤ、例えば、表示ZW800(図3参照)によりレイボーラードにより販売されるコンベヤのようなコンベヤ型からなることができる。

【0039】この公知のサンプルホルダ18はコンベヤ21に接続された電圧源22の助けにより極性が与えられ得る。同一方法において、サンプルホルダは電圧源24により電流で供給される電気抵抗型の装置の助けにより加熱されることができるか、または流体循環装置の助けにより冷却されることができる。サンプルホルダ用加熱または冷却装置の配置は従来技術による。

【0040】処理エンクロージヤ16への処理されるべきサンプル20の導入のために、処理エンクロージヤは導入ロツク型の公知の装置25をその端部の一方に備えている。

【0041】図2に示したプラズマエンクロージヤ4はプラズマ室6へイオン化されるべきガスの注入のために壁8および10に対して平行に方向付けられた管26を有する。この管26は、プラズマエンクロージヤの開口14に向かってかつそれゆえ処理エンクロージヤ16に向かって方向付けられた、母線の一方沿って形成された孔28を有する。

【0042】この管26は小さい断面の金属(代表的には10mm²)から作られかつ孔28は異なる直径からなる。壁8および10に対するその長手方向位置が固定される。しかしながら、開口14に対するその高さ位置は調整可能である。管26の高さ位置を調整するための機械的な手段はそれゆえ反応炉の外に設けられかつ図示されない。

【0043】かくして、ガス注入管をサンプル20に非常に近接して、例えば20mm以下の距離に近接して動かすことができ、したがつて処理されるべきサンプル上の厚いまたは薄いフィルムまたは層の均一な堆積または

前記サンプルのエッティングを許容する。

【0044】従来技術の装置およびとくにヨーロッパ特許第398, 832号の装置は処理されるべきサンプルに近接するようにプラズマ先駆ガスの注入かつそれゆえ大きな寸法(1m²より大きいかまたはほぼ等しい)を超える均一な堆積またはエッティングを許容する。

【0045】プラズマエンクロージヤ4を超高周波源2に結合するための要素は、反応炉内に作られた超高周波数の反射に対して超高周波数源2を保護するサーキュレーター・アイソレータ(循環器-断路器)32によって超高周波源2に結合される、波の伝播方向P→に方向付けられる矩形断面を有する第1直線導波管30を組み込んでいる(図1)。このアイソレータは装置の十分な作動に欠くことができないものではない。

【0046】第1導波管30は、例えば3本の適合ネジ34を備えており、該ネジは導波管を貫通しつつプラズマエンクロージヤ4に向かって波の良好な伝送効率を得るために反応炉のインピーダンスの適合または整合を可能にする。

【0047】プラズマエンクロージヤ4の導波管30の結合はホーン36によつて行われ、該ホーンの断面はそれがプラズマエンクロージヤ4の側壁8, 10の矩形断面に等しい矩形断面に達するまで伝播方向P→に対して垂直な(または方向Hx→に対して平行な)方向にしたがつて漸進的に広がる。

【0048】ホーンおよびプラズマエンクロージヤ4の結合は誘電体壁8を経由して行われる。反対側には、第2直線導波管38があり、該導波管の断面はそれに向かい合うプラズマエンクロージヤ4の壁の断面に等しい。プラズマエンクロージヤ4と第2導波管38との間の結合は誘電体壁10を経由して確保される。

【0049】誘電体壁8および10はそれぞれプラズマエンクロージヤの上壁および下壁42, 12に、ホーン36にかつ導波管38に集積されたクリップ装置40により固定される。

【0050】プラズマ室6の真空密封は例えばアルミニウムからなる可撓性の金属O-リング44により確保される。

【0051】末端導波管38は電磁波短い回路接続にありかつ好都合には波伝播方向P→に動くことができるピストン46からなる。ピストンの移動装置(図示せず)は油圧または空気型からなつても良い。

【0052】貫通ネジ34およびピストン46の位置の調整は非放射のプラズマエンクロージヤの結合の確立を可能にし、したがつてエンクロージヤから外部へのどのような電磁放射も除去する。

【0053】可撓性金属O-リング44およびピストン46はエンクロージヤから外部へのどのような電磁放射に対しても有効である短い回路として役立つ。したがつて電磁出力はプラズマエンクロージヤ内に保持されかつ

それゆえプラズマ形成の目的に使用される。

【0054】ホーン36の内壁はU形状の凹部48を有し、該凹部の分岐部分は磁界Hx→の方向に対して平行で、電界の位相についてのエラーの補正を可能にする。

【0055】例えば、これらの凹部48は深さλ/4および高さλ/10を有する。それらはプラズマエンクロージヤ内の非常に均一な電磁エネルギー密度の供給を可能にする。

【0056】導波管、ホーンおよびプラズマエンクロージヤの寸法は使用される波の周波数の関数である。2.45GHzの周波数に関して言えば、波長は12.2cmである。

【0057】完全な装置は比較的限定された長さを有しかつすべての場合に1m以下である。

【0058】プラズマエンクロージヤ4に関して、アイソレータ32、導波管30およびホーン36の組立てはクリップ装置により確保される。

【0059】前述された反応炉はプラズマの発生を可能にしつつ処理エンクロージヤ16に向かれた、開口14によつて、ラインまたはバーの形のプラズマの発生を可能にする。処理エンクロージヤ16はポンピング装置50に接続された真空エンクロージヤである。真空エンクロージヤ16とポンピング装置50との間に挿入された層流弁52はポンピングユニットとプラズマ反応炉との間の可変コンダクタンスの発生を可能にする。それはポンピングユニット50の最適ポンピング速度を維持しながら、プラズマエンクロージヤ内のプラズマの圧力の調整を可能にする。

【0060】図1および図2の反応炉の作動範囲は反応炉が6.3Mhの1次ポンプおよび7001/sのオイル噴霧ポンプにより構成される真空ユニットに接続されるとき得られる範囲である。この場合に、プラズマ室6および処理エンクロージヤ16の内部容量はそれぞれ21および30lに近い。

【0061】本発明による処理装置によれば、図3に示されるように、1つのサンプルに代えて同一のプラズマエンクロージヤにより2つのサンプルの同時処理を可能にする。この場合に、プラズマエンクロージヤ4aは互いに向かい合いつつ誘電体壁8、10に対して垂直にかつ電界E→にしたがつて方向付けられる2つの矩形横方向開口14a、14bを有する。

【0062】これらの横方向開口14a、14bの各々に向かい合つて、電磁波の伝播方向P→に動いているサンプルホルダ18a、18bがある。

【0063】この場合に、プラズマエンクロージヤ4aは2つのグループのガス注入管を有し、第1グループ26aは開口14aに向かい合つて位置決めされそして第2グループ26aは開口14bに向かい合つて位置決めされる。

【0064】図3に示した実施例において、各サンプル

に2本の注入管が使用される。しかしながら、図1に示したように、各サンプルに単一の注入管の使用も可能である。逆に、図1による装置において2本のガス注入管の使用も可能である。サンプル当たり2本のガス注入管が使用される場合には、前記管内の孔28はもはや処理されるべきサンプルに向けて方向付けされないが、代わりにプラズマエンクロージヤ4aの中心に方向付けされる。言い換えれば、同一対の管の孔28は互いに向かい合う。

10 【0065】図3はサンプルホルダ18bの移動装置21をより詳細に示す。

【0066】プラズマエンクロージヤ4aの両側に2つのサンプルを使用するとき、図1におけるように単一の処理エンクロージヤが使用されず、しかもプラズマエンクロージヤ4aの両側に2つの処理エンクロージヤ16a、16bが使用される。これは幾つかのサンプルの同時処理を許容する工業機械を示す図4に明瞭に示される。とくに、図4に示した機械はフランス特許第2,533,072号に記載された方法による平面スクリーン

20 のアレイを製造するためにとくに開発された工業機械である。

【0067】この場合に、処理機械はそれぞれ垂直に位置決められた、可動サンプルホルダ18a、18b上で2つのサンプルの処理を可能にする直線方法において配置された3つの反応炉52、54、56を有する。反応炉52、54および56は2つのサンプル上に種々の層を連続して堆積するよう種々のガスにより供給される。

30 【0068】例えば、ガラス基板上にn+ドーピングされた水素化アモルファシリコン層(a-Si:H)、次いでドーピングされないかまたは本質的なa-Si:H層および最後にS13N4層の連続堆積を可能にする。この場合に、反応炉52の管26cはSiH4およびPH3で供給され、反応炉54の管26dはSiH4で供給されそして反応炉56の管26eはSiH4+N2で供給される。

【0069】図4はプラズマエンクロージヤの平面図である。各反応炉に関して超高周波源、マイクロ波アイソレータ、ホーンおよびその一方が対応する源との各プラズマエンクロージヤの結合を確保するためにピストンを備える導波管があることは明らかである。

【0070】超高周波源と要素を結合するためのプラズマ室および要素はすべて機械軸線zにしたがつて一直線に整列される。超高周波源は機械の長手方向寸法を減少するために屈曲ガイドにより直線ガイドの下に位置決めされかつそれに接続されることができる。

【0071】a-Si:HおよびS13N4層の堆積に関する、ガスの分離は主として原子または分子窒素および水素の形成に至る。アモルファシリコンの堆積用の反応炉52、54に向かいかつ前記堆積の品質の劣化に

11

至るかも知れない窒素のどのようなバツクスキヤツタリングも回避するために、処理エンクロージヤ16a, 16bのポンピング装置の接続はシリコン窒化物堆積反応炉56で行われる。

【0072】それゆえ、各処理エンクロージヤ16a, 16bは処理エンクロージヤの両側で真空ポンプ50a, 50bに接続される。

【0073】ポンピングユニットは例えばサンブルホルダ18a, 18bの移動方向における大きなガス流を吸収することができるルーツ型からなる。明らかなようにエンクロージヤ16a, 16bに接続される完全に対称な導管に接続される1つのポンプのみの使用も可能である。

【0074】図4に示した機械はコンパクトでありかつサンブルホルダ上のサンブルの荷電、ならびに処理エンクロージヤ内のそれらの配置前のサンブルの加熱を可能にする標準モジュールに接続され得る。

【0075】この機械は、従来技術におけるより10ないし100倍速い種々の層またはフィルムの堆積およびエッティング速度で、大きな寸法、代表的には 1m^2 の平面スクリーンの能動マトリクスの製造を可能にする。

【0076】図1ないし図4に関連して説明された反応炉および機械は厚いマトリクス薄い層の堆積および層のエッティングの両方に使用され得る。プラズマの形成に使用されるガスの性質はしたがつて実施されるべき処理の型に依存する。

【0077】広い圧力および流量範囲において、プラズマはアルゴンおよびヘリウムのごとき中性ガスにより得*

TWMP

 $n_e = 10^{11} \sim 10^{13}$

ECR

 $n_e = 10^{11}$

PECVD

 $n_e = 10^8 \sim 10^9$

【0082】本発明による反応炉により得られた非常に高い電子密度は、分子ガスの場合において、高い分離量に至る。残留ガス分析器(AGR)測定はシラン(SiH₄)プラズマに関してプラズマエンクロージヤに注入されたガスがすべて分離されることを示す。

【0083】かかるプラズマについて記録されたスペクトルは図5および図6に示され、原子質量単位の関数として放出ピークAの密度を表す。図5はシランがプラズマを起こす前にプラズマエンクロージヤ内に導入されるとき実施される記録に対応する。

【0084】SiH_n基($n=0 \sim 4$ による)に対応する原子質量ピーク28-29-30-31-32はAGRイオン化室に導入されるものである。このスペクトルはしたがつて測定カスケードの基準スペクトルに対応する。

【0085】図6はプラズマを起こす前に記録されたスペクトルに対応する。以前に測定されたピークはAGR測定カスケードの最大感度で1つも検出せ得ない。

【0086】それゆえ結論付けられ得ることは、型SiH₄+e-->Si+4H+eの分離メカニズムによ

12

*られるが、またSiH₄, PH₃, N₂, H₂, SF₆, NH₃, O₂等のごときマイクロエレクトロニクスにおいて通常使用される純粋なガスにより得られる。空気プラズマはまた同一圧力および流量範囲において発生され得る。

【0078】使用されるガス流は10ないし100cm³/分の間である。非常に高い流量の使用は1またはそれ以上の真空ユニットのポンピング容量を増加することによりかつとくにルーツ型ポンピング装置を使用することにより考えられ得る。とくに、500cm³/分の量が考えられることがある。

【0079】安定なプラズマは本発明による反応炉および機械により1ないし30Paの間の圧力範囲において考えられ得る。この圧力範囲はまた使用されるポンピングユニットの関数である。

【0080】これらのガス流および圧力条件下で、各プラズマ反応炉内のガス状種類の滞留時間は0.1ないし60秒の間である。100cm²の断面を有する結合ホーンに接続された図1によるプラズマエンクロージヤに20関して、プラズマの電子密度は 10^{11} ないし 10^{13} 電子/cm³の間のラングミュアプローブ測定により評価された。

【0081】この電子密度はECR励起モードおよびPECVD型プラズマを使用するプラズマにおいて得られる電子密度と比較されるべきである。以下の表は種々のプラズマにおいて得られた電子密度(n_e)を示す。表において、本発明によるプラズマは横方向導波管マイクロ波プラズマに関してTWMPで示される。

TWMP	ECR	PECVD
$n_e = 10^{11} \sim 10^{13}$	$n_e = 10^{11}$	$n_e = 10^8 \sim 10^9$

り、すべてのシラン分子が分離されかつこのようにして発生されたすべての原子シリコンが反応炉の基板および壁上に堆積されるということである。

【0087】非常に高い分離量の結果の1つはプラズマの起動の間中急激な圧力降下を引き起こすことである。例えば、シランに関して、プラズマ起動前後の圧力は事实上2の割合にある。

【0088】プラズマエンクロージヤの内部に固定されたガス注入装置および該装置からの基板10に関する、40観察された堆積速度はほぼ2ないし6nm/秒である。

【0089】より詳しくは、a-Si:HおよびSi₃N₄フィルムに関して得られた堆積速度はほぼ3~4nm/m/秒、すなわち他の堆積方法により得られた速度より良好な大きさの程度の速度である。

【0090】本発明による反応炉において、堆積速度は注入されたガスの流量によりかつ注入装置と基板との間の間隔によりかなり影響を及ぼされる。

【0091】したがつて、本発明はこの反応炉において分子ガスの分離量が100%であることを示した。それゆえ、基板での堆積速度はプラズマの電子密度の傾斜に

13

より決して影響を及ぼされずかつプラズマ中に発生される種類の結果のみである。

【0092】基板と注入装置との間の間隔が4cmに減少されるならば、その場合に同一のガス流量に関して、堆積速度は6~18nm/秒の間である。

【0093】本発明者等はまた例えばa-Si:HまたはSi_xN_yのごとき薄いフィルムまたは感光性樹脂フィルム上で高いエッチング速度を得る可能性を示した。純粋な酸素プラズマ(O₂)の作用下で、1.3μmの厚さの感光性樹脂フィルムが2分以下で全体的にエッチングされる。

【0094】基板に極性が無いことにより、得られる樹脂エッチング速度は結果として10nm/秒でかつ従来のエッチング装置により得られた速度より高い。

【0095】さらに、本発明による装置は層またはフィルムの各エッチングまたは堆積後、処理反応炉または機械のプラズマ洗浄を可能にする。かくして、Ar/SF₆プラズマは堆積に関して得られたエッチング速度を少なくとも等しい壁に堆積されたフィルムに関するエッチング速度の獲得を可能にする。

【0096】本発明による反応炉を使用すると、3つの堆積の型が得られかつ液晶平面スクリーン用能動マトリクスの薄膜トランジスタを製造するために特徴付けられる。これらのマトリクスはシリコン窒化物、内在的にドーピングされない、水素化アモルファスシリコンおよびn⁺ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンである。

【0097】これらの材料の主要特性は以下で説明される。

【0098】例1：シリコン窒化物の堆積

薄いシリコン窒化物の堆積がSiH₄およびNH₃の混合物の分解により得られる。

【0099】高品質材料の獲得を可能にする実験条件は2ないし20Paの圧力、1.5:2.5のNH₃/SiH₄流量比、および100ないし230°Cの温度である。

【0100】シリコン窒化物がトランジスタゲート絶縁体として使用されるとき、それは良好な誘電体特性を持たねばならない。とくに、強力な電界下での材料の漏洩電流はできるだけ低くしなければならない。

【0101】図7は研究されたサンプルの構造を示す。該サンプルは導体基板として使用されかつアルミニウム電極60で被覆される変質された単結晶シリコンウェーハ52上に堆積されたシリコン窒化物フィルム58を有する。シリコン窒化物フィルムは厚さ180nmでかつアルミニウムフィルムは厚さ200nmである。アルミニウムの表面は0.3mm²である。

【0102】図7の構造を製造するのに使用されるシリコン窒化物の堆積条件は圧力2.4Pa、30cm³/分のSiH₄流量、50cm³/分のNH₃流量、80

14

0Wの出力、200°Cの温度、および1.5nm/秒の堆積速度である。

【0103】図7の構造を試験するのに使用される電気回路は図8に示されそしてその端子が測定されるべき構造を示すコンデンサCにかつ直列接続抵抗器rに接続される交流電源61を有する。抵抗器rの端子での電圧(v)の測定は回路を通って流れる電流Iの検出を可能にする。

【0104】得られた電流-電圧特性は図9に示す。図9は電圧(ボルト)の関数として強さ(アンペア)の変化を示す。この特性は強い電界(3MV/cm)においても同様に非常に高い抵抗率($\rho > 10^{14}$ オーム/cm)およびそれゆえ良好な絶縁特性を示す、容量成分(Si_xN_yコンデンサの充電電流)のみを表す。

【0105】実施された特性は本発明による高周波プラズマにより堆積されたSi_xN_yの物理化学特性がPECVD堆積フィルムに関して得られた特性と同一の性質からなる。

【0106】例2：ドーピングされない、水素化されたアモルファスシリコンの堆積

a-Si:H水素化アモルファスシリコンの厚いまたは薄いフィルムの堆積は2~20Paの圧力および100~230°Cの温度により純粋なシランプラズマの助けにより得られる。これらのフィルムは、考えられた用途の結果として、50nmないし20μmの厚さを有することができる。

【0107】専門化はこの材料の半導体特性が原子水素濃度が8ないし10%に近いとき最適化されることを理解する。この水素は、他の考え得る結合H-Si-Hおよび



の損傷に対して、主としてSi-H結合の形においてシリコンと連絡されねばならない。

【0108】赤外線振動分光測定は最も速くかつ微視的物理学尺度についてのかかる研究に最適な方法である。

【0109】図10はNが波の数を示す1900~2300cm⁻¹においてa-Si:Hフィルムのトランスミツタンス(T%)を示す。図10は、その最大周波数がSi-H結合に対応する2000cm⁻¹に近接する主要帯域を見ることができる。

【0110】この主要帯域の外観の精密な研究は2100cm⁻¹に近い肩部を示す。この肩部はH-Si-H結合に対応する低い強さの帯域に帰される。

【0111】構造の全体表面を基礎にしてケイ酸された水素濃度は7%である。それゆえ本発明により堆積される材料はPECVDにおいて決定される水素濃度に等しい水素濃度を有する。

【0112】この迅速な特徴は堆積される材料が良好な

15

半導体であることの確認を可能にする。これは製造されるトランジスタの電気特性の測定によりかつこれらのトランジスタの作動をシミュレートする分析モデルを基礎にして担体の有効移動度のケイ酸により確認される。

【0113】例3：ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンの堆積

堆積はヘリウム中で5%に希釈されたシランおよびホスフインの混合物から行われた(He-5%PH₃)。

【0114】実験条件は圧力2~20Paおよび温度100ないし230°Cである。

【0115】測定されたフィルムの横方向の導電率(または表面)は10⁻¹および2×10⁻³Ω⁻¹·cm⁻¹の間である。PECVDにおいて得られる値と比較し得るこれらの値はソースおよびドレインのインジウムおよびスズ酸化物(ITO)とa-Si:Hとの間の抵抗接点の製造を可能にする。

【0116】例4および5

2つの薄膜トランジスタ構造が製造され一方は底部においてゲートと積層され(図11参照)および第2は頂部においてゲートと積層される(図13参照)。これらのトランジスタの(ID)-(VD)特性がまたそれぞれ図12および図14に示される。

【0117】電流IDはマイクロアンペアでかつドレインソース電圧VDはボルトで示されるゲート電圧VGは各曲線に対応する。

【0118】図11のトランジスタは200nmの厚さのアルミニウム、金属ゲート72がその上に形成されるガラス基板70を有する。金属ゲートは300nmの厚さのシリコン窒化物ゲート絶縁体74で被覆される。次いで100nmの厚さの厚い、水素化アモルファスシリコンフィルム76および50nmの厚さの、n⁺ドーピングされた水素化アモルファスシリコンフィルム77がありその上にソース78およびドレイン80が200nmの厚さを有するインジウムおよびスズ酸化物フィルムにおいて形成される。チャネルは長さ40μmおよび幅10μmを有する。

【0119】図13のトランジスタはまたn⁺ドーピングされた、水素化アモルファスシリコンフィルム77で被覆されるITOソースおよびドレイン接点78および80が直接その上に形成されるガラス基板70を有する。これに水素化アモルファスシリコンフィルム76、次いでゲート絶縁体74および最後に金属ゲート72が続く。フィルム78, 77, 76, 74および72の厚さは前述と同一であり、一方チャネルは幅40μmおよび長さ10μmを有する。

【0120】頂部にゲートを備えたトランジスタはフランス特許第2,533,072号にしたがつて製造される。

【0121】堆積された種々のトランジスタフィルム、ならびにこれらのトランジスタの寸法を画成するための

16

それらのエッチングは本発明したがつて反応炉により行われた。

【0122】これらのトランジスタのチャネル内の電子の有効移動度は前記トランジスタの分析作動モデルに基づいたパラメータ抽出法により計算された。

【0123】底部にゲートを備えたトランジスタの場合において、移動度は0.5cm²/V.sである。

【0124】比較のために、かかる構造に関する従来の値は代表的には0.3cm²/V.sである。

【0125】ここで示される結果は明らかに改善されることができかつ最適製造条件が達成されるとき、より高い移動度値が得られるようにかなり評価することが可能である。ここで示された結果はほぼ1ないし10Paの圧力で堆積されたフィルムにより得られた結果である。

【0126】しかしながら、本発明者等はより高い圧力、すなわち、20ないし50Paの間の圧力で堆積されたフィルムが求められる物理化学特性を保持することに注目した。したがつて、高い圧力で作業できるという事実のために、高いガス流量を許容する反応炉の真空ポンピング装置を使用することにより、ほぼ1ないし20nm/秒の非常に高い堆積速度を得ることを考慮できることは即座に明らかである。

【0127】図12および図14における曲線は従来のPECVD反応炉により得られた曲線に匹敵する。

【0128】本発明による装置を使用すると、光エネルギー変換装置(または太陽電池)を得るために、ガラス基板(とくにソーダ石灰ガラス)上に、とくにa-Si:Hの10μm99.1大きいまたはほぼ等しい厚さのフィルムを堆積可能である。

【0129】

【発明の効果】叙上のごとく、本発明は、高周波電磁波源、プラズマを形成するためのガス供給手段を備えた密封プラズマエンクロージヤ、前記電磁波源を前記プラズマエンクロージヤに結合するための要素、前記プラズマエンクロージヤをポンピングするための手段および少なくとも1つのサンプルホールダを有する化学処理プラズマ装置において、前記プラズマエンクロージヤが非放射性性質からなりかつ第1方向に対して平行な第1および第2誘電体材料面およびリボン状プラズマを形成するために第1方向に向けられた矩形開口を備えた第3面を備えた矩形平行六面体のごとく成形され、前記開口が前記プラズマエンクロージヤおよび前記サンプルホールダがその中に収容される処理エンクロージヤを接続し、前記結合手段が前記第1および第2面に対して垂直な第2方向に向けられた第1矩形直線導波管、前記第1面を経由して前記第1導波管を前記プラズマエンクロージヤに結合しきつその矩形断面が前記プラズマエンクロージヤに向かって前記第1導波管の第1方向に広がるホーン、前記第2方向に向けられかつ前記第1導波管の側と反対の前記プラズマエンクロージヤの側に配置される第2矩形直線

50

導波管を有し、前記第2導波管が前記電磁波用短かい回路を備えている構成としたので、これまで公知の堆積およびエッティング方法により得られる速度より少なくとも10または100倍速い速度で大きなサンプル表面上の厚いまたは薄い層の表面処理、堆積および化学エッティングを許容する新規な化学処理プラズマ装置および機械および前記装置を使用する方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラズマ装置を示す部分断面概略斜視図である。

【図2】プラズマ装置の真空エンクロージヤおよびホーンを長手方向断面斜視図で示す図1の詳細図である。

【図3】2つのサンプルの同時処理を示す図1の装置の変形例を示す斜視図である。

【図4】本発明による3つの組み立てられたプラズマ装置を有する工業用機械を略示する平面図である。

【図5】本発明による装置により得られたSiH₄の原子質量単位(amu)におけるスペクトルを示す説明図である。

【図6】本発明による装置により得られたSiH₄の原子質量単位(amu)におけるスペクトルを示す説明図である。

【図7】本発明による装置を使用する水素化シリコン空化物堆積に関連して、研究された構造を示す説明図である。

【図8】図7に関連する電気的測定装置を示す説明図である。

【図9】図7の構造の電流-電圧特性を示す説明図である。

【図10】本発明による装置により堆積された水素化アモルファスシリコンフィルムの赤外線トランスマッタースペクトルを示す説明図である。

10 【図11】本発明による装置により製造された薄膜トランジスタに関する、製造されたトランジスタの構造を示す概略図である。

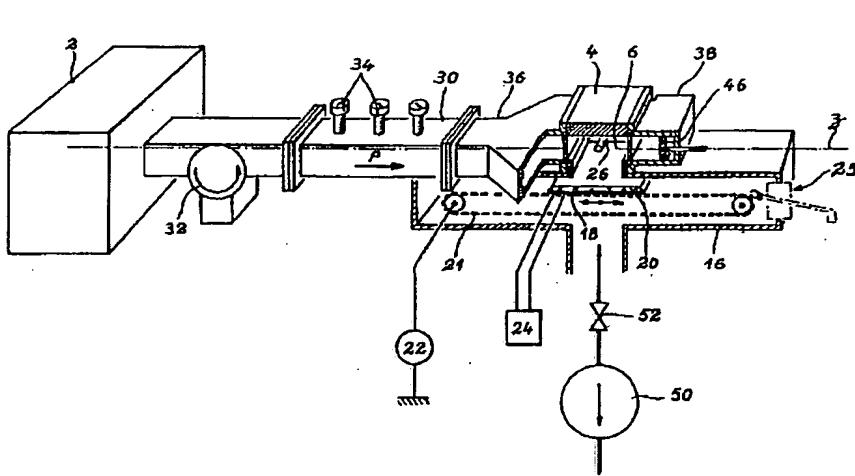
【図12】前記トランジスタのドレイン電流-ドレイン電圧特性を示す特性図である。

【図13】本発明による装置により製造された薄膜トランジスタに関する、製造されたトランジスタの構造を示す概略図である。

10 【図14】前記トランジスタのドレイン電流-ドレイン電圧特性を示す特性図である。

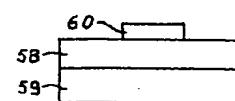
【符号の説明】

- 2 高周波電磁波源
- 4 プラズマエンクロージヤ
- 4a プラズマエンクロージヤ
- 6 プラズマ室
- 14 矩形開口
- 16 処理エンクロージヤ
- 16a 処理エンクロージヤ
- 16b 処理エンクロージヤ
- 18 サンプルホルダ
- 18a サンプルホルダ
- 18b サンプルホルダ
- 20 サンプル
- 26 管
- 28 孔
- 30 第1導波管
- 36 ホーン
- 38 第2導波管
- 40 クリップ
- 44 O-リング
- 46 短い回路
- 50 真空ポンプ

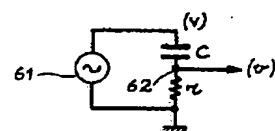


【図1】

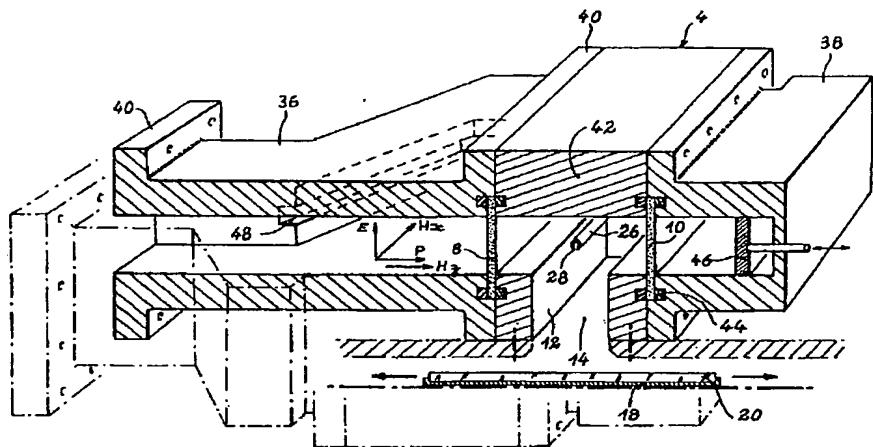
【図7】



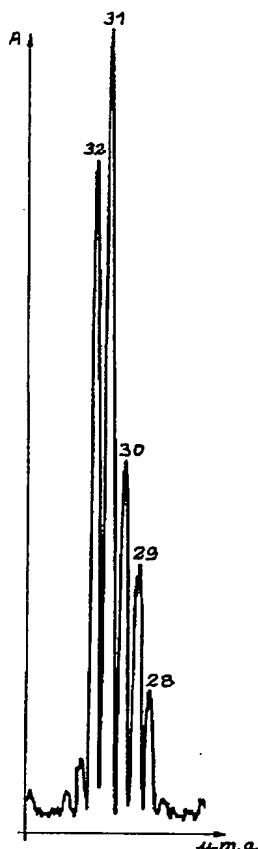
【図8】



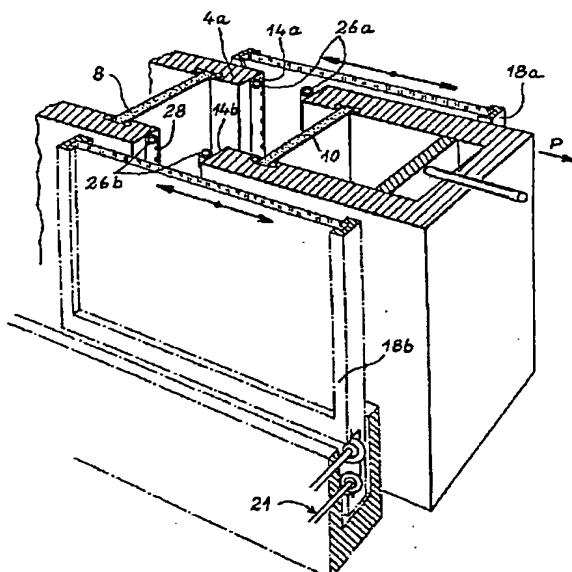
【図2】



【図5】



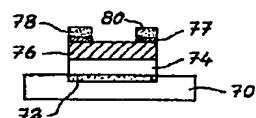
【図3】



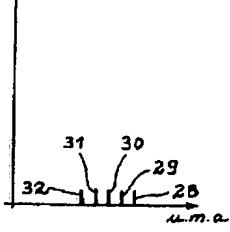
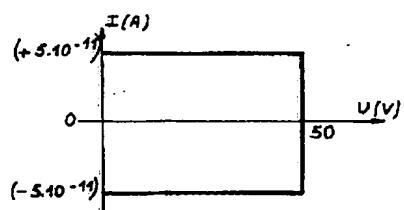
【図6】



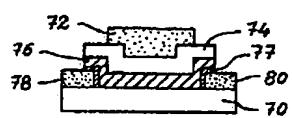
【図11】



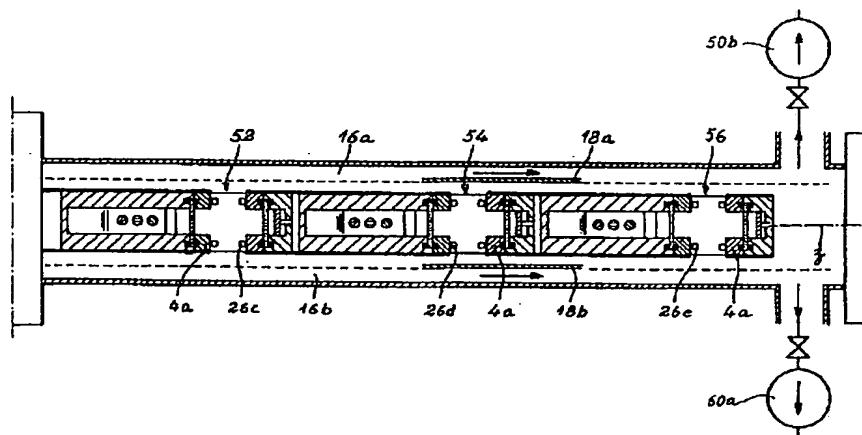
【図9】



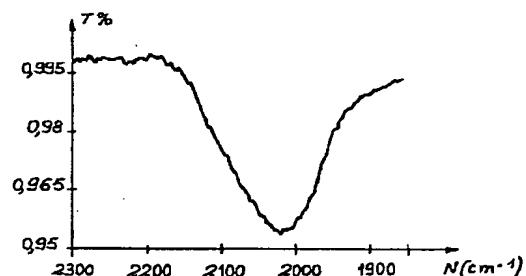
【図13】



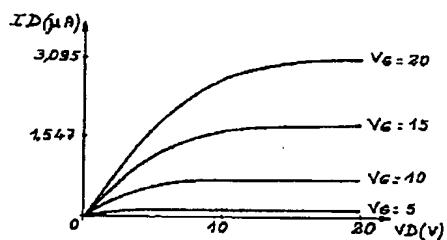
【図4】



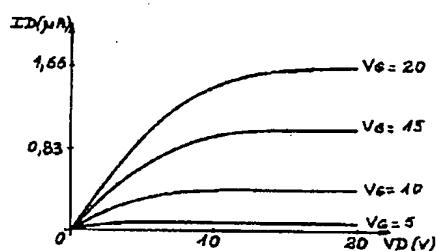
【図10】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ミケル・ル・コンテレ
フランス国 22300 ラニオン、ハモー・
デュ・シェーン 3

(72)発明者 フランソワ・モリン
フランス国 22300 ラニオン、ル・カーパン・ランメリ（番地なし）

(72)発明者 サージュ・サダ
フランス国 22300 ラニオン、レジデンス・ポーション（番地なし）